



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05235410 A**(43) Date of publication of application: **10.09.93**

(51) Int. Cl.

**H01L 33/00****H01L 31/10****H04B 10/24****H04B 10/02**(21) Application number: **04039141**(71) Applicant: **HITACHI CABLE LTD**(22) Date of filing: **26.02.92**(72) Inventor: **UNNO TSUNEHIRO**

(54) **OPTICAL SEMICONDUCTOR ELEMENT FOR TRANSMISSION-RECEPTION AND MODULE FOR OPTICAL COMMUNICATION USING THE SEMICONDUCTOR ELEMENT**

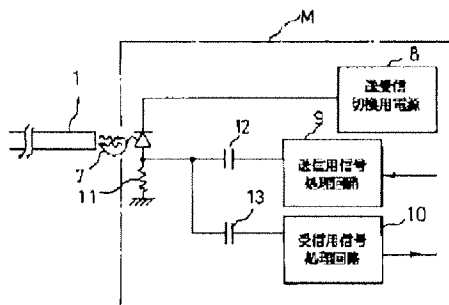
The received signal is input to a signal processing circuit 10 for reception and processed. Accordingly, single-wavelength light-reception-emission is enabled in the single element.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&amp;Japio

**PURPOSE:** To reduce loss by equalizing size and price in a reception exclusive module or a transmission exclusive module.

**CONSTITUTION:** Only one single-wavelength photo-detector having structure close to a GaAs/GaAlAs group DH junction LED is used as an optical semiconductor element 7 for transmission and reception, and the photo-detector is given both functions of light reception and emission. When forward voltage operating the element 7 as a light-emitting device is applied to the element 7 from a power circuit 8 for changing over transmission and reception, the element 7 functions as the light-emitting device. When a signal for transmission is applied to the element 7 from a signal processing circuit 9 for transmission, the signal is converted into light, and output to a fiber 1. When reverse voltage operating the element 7 as a photo-detector is applied to the element 7 from the power circuit 8, the element 7 functions as the photo-detector. The signal output from the fiber 1 is converted into an electric signal by the photo-detector.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-235410

(43)公開日 平成5年(1993)9月10日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00	A	8934-4M		
31/10				
H 0 4 B 10/24				
		8422-4M	H 0 1 L 31/ 10	A
		8426-5K	H 0 4 B 9/ 00	G

審査請求 未請求 請求項の数5(全 5 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平4-39141

(22)出願日 平成4年(1992)2月26日

(71)出願人 000005120

日立電線株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目1番2号

(72)発明者 海野 恒弘

茨城県土浦市木田余町3550番地 日立電線

株式会社アドバンスリサーチセンタ内

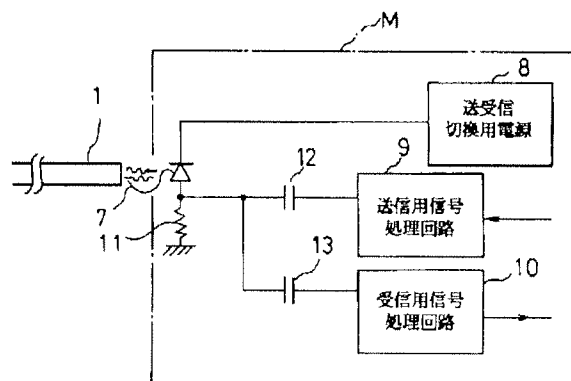
(74)代理人 弁理士 松本 孝

(54)【発明の名称】 送受信用光半導体素子及びそれを用いた光通信用モジュール

(57)【要約】

【目的】サイズ及び価格を受信専用モジュール又は送信専用モジュールと同等とし、損失を少なくする。

【構成】送受信用光半導体素子7として、GaAs/GaAlAs系DH接合LEDに近い構造の単波長受光素子を1個だけ用い、これに受光、発光の両機能をもたせる。送受信切換用電源回路8から素子7に、これを発光素子として機能させる順方向電圧を印加すると、素子7は発光素子として機能する。これに送信用信号処理回路9から送信用信号が加えられると、その信号を光に変換してファイバ1に出力する。電源回路8から素子7に、これを受光素子として機能させる逆方向電圧を印加すると、素子7は受光素子として機能する。受光素子でファイバ1から出力される信号を電気信号に変換する。受信信号は受信用信号処理回路10に入力処理される。これにより単一素子で単波長受発光が可能となる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】発光及び受光の中核をなすp n接合がヘテロ構造をもち、発光素子と受光素子とを兼ね備えた送受信用光半導体素子であって、この素子が多層エピタキシャル成長させた直接遷移型の化合物半導体で構成され、上記p n接合の小面積領域にのみ電流を流す電流狭窄層と、p n接合の一方を構成するエピタキシャル層の表面に光の入出射部とをもち、表裏に電極を取り付けたことを特徴とする送受信用光半導体素子。

【請求項2】上記ヘテロ構造がシングルヘテロ構造であることを特徴とする請求項1に記載の送受信用光半導体素子。

【請求項3】上記ヘテロ構造がダブルヘテロ構造であることを特徴とする請求項1に記載の送受信用光半導体素子。

【請求項4】上記半導体は、少なくとも発光及び受光の中核をなすp n接合部分の材料が直接遷移型であることを特徴とする送受信用光半導体素子。

【請求項5】光通信用ファイバに接続して送受信に用いる光通信用モジュールにおいて、請求項1ないし4のいずれかに記載の送受信用光半導体素子と、この送受信用光半導体素子に印加するバイアス電圧を選択し、選択された電圧に応じて送受信用光半導体素子を発光素子又は受光素子のいずれかに切り換える送受信切換用電源回路と、送受信用光半導体素子が発光素子に切換えられたとき、これに送信用信号を加える送信用信号処理回路と、送受信用光半導体素子が受光素子に切換えられたとき、これから信号を受け取る受信信用信号処理回路とを備えたことを特徴とする光通信用モジュール。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は送受信用光半導体素子及びそれを用いた光通信用モジュールに係り、特に双方向通信が可能なものに関する。

**【0002】**

【従来の技術】通信分野において、光ファイバ通信は重要な役割を果たしている。この光ファイバ通信を行うための基本構成要素は、発光素子、光ファイバ、受光素子である。最も一般的な使い方は、1本の光ファイバの両端にそれぞれ発光素子と受光素子を接続し、発光素子から発した光を光ファイバに伝搬させ、これを受光素子で取り出す方法である。しかし、この使い方では情報を一方へ送るのみなので、双方向通信するためには二本の光ファイバが必要となる。このため特に通信距離が長くなると問題が生じる。

【0003】この問題を解決する方法として、図4のように光分波器2を用いることが考えられる。光ファイバ1に光分波器2の共通ポートを接続し、光分波器2の反対側の2つの分岐ポートに受光素子3と発光素子5をそれぞれ取り付ける。そして、受光素子3には受信信用

号処理回路4を、発光素子5には送信信用信号処理回路をそれぞれ接続する方法である。この方法は、光ファイバ一本を用いて双方向通信ができるようになるため非常に有用である。

**【0004】**

【発明が解決しようとする課題】上述した従来の方法で双方向通信の可能な汎用モジュールを構成するためには、光ファイバとの接続側に光分波器と発光素子および受光素子の3種類の素子を組込むことが要求される。しかし、送信用信号処理回路、受信信用信号処理回路の他に、特に大きなスペースをとる光分波器を含む3種類の素子を組み込むことになるモジュールは、受信専用モジュールまたは送信専用モジュールに比して、サイズ外形が大きく、高価で、しかも光分波器による光の損失も大きい。このため、受信専用モジュールまたは送信専用モジュールサイズで、価格がほぼそれに近く、損失の少ない、双方向光通信用モジュールの開発が望まれている。

【0005】本発明の目的は、送受信を一本化して光分波器を排除することによって、上述した従来の欠点を解消して、小型で廉価な双方向通信の可能な送受信用光半導体素子及びそれを用いた光通信用モジュールを提供することにある。

**【0006】**

【課題を解決するための手段】本発明の送受信用光半導体素子は、発光及び受光の中核をなすp n接合がヘテロ構造をもち、発光素子と受光素子とを兼ね備えた送受信用光半導体素子であって、この素子が多層エピタキシャル成長させた直接遷移型の化合物半導体で構成され、p n接合の小面積領域にのみ電流を流す電流狭窄層と、p n接合の一方を構成するエピタキシャル層の表面に光を取り込む、あるいは光を取り出すための入出射部とをもち、表裏に電極を取り付けたものである。ヘテロ構造は、シングルヘテロ構造（SH構造）、ダブルヘテロ構造（DH構造）のいずれでもよい。また、半導体は、発光効率あるいは受光効率を高めるために、少なくとも発光及び受光の中核をなすp n接合部分の材料が直接遷移型であることが望ましい。直接遷移型の化合物半導体材料としては、例えば、GaAs系、GaAs/AlGaAs系、GaAsP系、InGaAsP系などがある。

【0007】また、本発明の光通信用モジュールは、光通信用ファイバに接続して送受信に用いる光通信用モジュールにおいて、発光と受光の両方の機能を有する上記の送受信用光半導体素子と、この送受信用光半導体素子の表裏電極に印加するバイアス電圧を選択し、選択された電圧に応じて送受信用光半導体素子を発光素子又は受光素子のいずれかに切り換える送受信切換用電源回路と、送受信用光半導体素子が発光素子に切換えられたとき、これに送信用信号を加える送信用信号処理回路と、送受信用光半導体素子が受光素子に切換えられたとき、これから信号を受け取る受信信用信号処理回路とを備えたもの

である。

【0008】

【作用】本発明は、GaAs/GaAlAs系DH構造の単波長PDを試作して、たまたま発光ダイオード(LED)としての性能を調べてみたところ、単波長PDがLEDとしても十分に機能し得るという事実にもとづいてなされたものである。受発光機能を有効に発揮するためには、ヘテロ構造をもつ直接遷移型の化合物半導体で構成され、かつ発光ダイオードとしての発光出力を高くするためにpn接合の小面積領域にのみ電流を流す電流狭窄層が必須である。ヘテロ構造と電流狭窄層を必須とする理由は次の通りである。即ち、受光専用の受光素子を単に製作するのであればホモ接合でもよい。しかし、受光素子でありながら、発光効率の高い発光機能を有する受発光素子を製作するためには、素子の中央部が均一に光るようにしなければならない。それには光取出し部に均一に電流が分散するようにウィンドウ層の厚さを厚くする必要があり、またウィンドウ層を厚くしても、なお光を取り出すためにはウィンドウ層の混晶比を高くしたヘテロ接合が必要となる。また取出し部だけに電流が流れるように電流狭窄層を設ける必要がある。

【0009】ところで、従来構造のLEDでも、この必須要件を備えて、ある程度発光輝度の高いものであれば、受発光素子としての使用が可能である。しかしこれまでに、GaAs系又はGaAlAs系LEDから発した光を受けるPDとしては、専らSiが使用されており、GaAs系又はGaAlAs系のPDが使用されたことはほとんどなく、実際に報告された例もない。何故これまでGaAs系、あるいはGaAlAs系がPDとして使用されなかったのかは、実のところよく分らない。考えられるとしたら、GaAsはSiに比べ高価であり、同じ機能を発揮するのであれば当然安価なSiを優先して使うという理由ぐらいである。しかし、現在生産技術的には、GaAs/GaAlAs系の赤色LEDを例にとれば、非常に安くなっており、Siに比べても差は縮まっている。GaAs系のPDは応答速度がSiに比べて速いという報告もあることから、価格上の制約は現状ではなくなったと見ることができる。この意味で、本発明は実用上でも問題がない。

【0010】本発明では、受発光の両機能を有する送受信用光半導体素子を使用するので、双方向通信可能な汎用モジュールを構成するためには、光分波器が不用となり、光ファイバの接続側に組込む素子は1種類、すなわち1個でよいことになる。このためモジュールは、受信専用モジュールまたは送信専用モジュールサイズで、価格がほぼそれに近く、損失の少ない、双方向光通信用モジュールが実現できる。

【0011】本モジュールは次のように作用する。送受信切替用電源回路から送受信用光半導体素子に、これを発光素子として機能させるバイアス電圧を選択して印加

すると、送受信用光半導体素子は発光素子として機能し、送信用信号処理回路から出力される送信用信号が加えられると、その信号を光に変換してモジュール外に出力する。送受信切替用電源回路から送受信用光半導体素子に、これを受光素子として機能させるバイアス電圧を選択して印加すると、送受信用光半導体素子は受光素子として機能し、モジュール外から入力される光信号を電気信号に変換する。この受信信号は受信信号処理回路に入力されて処理される。

【0012】

【実施例】以下、本発明の実施例を図を用いて説明する。本実施例で説明する双方向通信が可能な光通信用モジュールの構成を図1に示す。このモジュールMは光ファイバ1に接続して送受信に用いられる。モジュールM内の送受信用光半導体素子7は、光ファイバ1の接続側に組込まれ、単一素子で単一波長の光を発光し、単一波長の光を受光する両機能をもち、光ファイバ1から出射された光信号を受信、あるいは該素子7から光ファイバ1に光信号を入射する。送受信切替用電源回路8は、この送受信用光半導体素子7を発光素子または受光素子として切替えるためのバイアス電圧付与回路であり、送受信用光半導体素子7に印加する正負2種類のバイアス電圧からいずれか一つを選択し、選択された電圧に応じて送受信用光半導体素子7を発光素子又は受光素子のいずれかに切替える。送信用信号処理回路9は光ファイバ1を通じて伝送する信号を生成処理するもので、送受信用光半導体素子7が発光素子に切替えられたとき、これに送信信号をコンデンサ12を介して加える。受信信号処理回路10は受信信号を受け取り所定の形に処理するもので、送受信用光半導体素子7が受光素子に切替えられたとき、これからコンデンサ13を介して受信信号を受け取る。なお、各回路にはそれらの回路を動作させる電力を供給する配線があるが、図では省略している。

【0013】まず、このモジュールを送信用として用いた場合について説明する。送受信切替用電源回路8から送受信用光半導体素子7のアノードに負電圧が印加される。すると、送受信用光半導体素子7には順方向電流が流れ発光状態になる。この状態で、送信用信号処理回路9からはコンデンサ12を介し、アナログの電気信号が送受信用光半導体素子7に送られ、それに応じた光信号が発生し、光ファイバ1に入る。送受信用光半導体素子7は、後述するようにGaAs/GaAlAs系のDH型LEDに近い構造であり、強い赤色光信号を光ファイバ1に入射する。

【0014】次に、このモジュールを受信用として用いた場合について説明する。送受信切替用電源回路8から送受信用光半導体素子7にアノード正電圧が印加される。すると、送受信用光半導体素子7には逆方向電圧が印加された状態のなる。この状態で、光ファイバ1より光が出て送受信用光半導体素子7に入ると、その光信号

強度に応じた電流が流れる。その電流は抵抗11で電圧に変換され、コンデンサ13を介してアナログの電気信号として受信信用信号処理回路10に送られる。このようにして送受信信用光半導体素子10に印加する電圧により、送受信信用光半導体素子7を発光素子及び受光素子として切換えながら使用することができる。なお、素子に印加する電圧は、例えばLEDとして使用する場合、素子に直接印加する電圧は1.5V位であり、受光素子として使用する場合、約2〜5Vの逆方向電圧である。また、通信用信号としてアナログ信号について述べたが、デジタル信号に適用することもできる。

【0015】さて、上述した受発光の両機能を有する送受信信用光半導体素子7の構造を説明する。図2は送受信信用光半導体素子7のチップ構造を示す。この素子はGaAs基板19上にGaAsの電流狭窄層18があり、その上にDH接合のクラッド層17、活性層16、ウィンドウ層15となるGaAlAs層がある。発光または受光の中核をなすpn接合を構成する活性層16とウィンドウ層15の材料は、発光ないし受光効率の点から直接遷移型とすることが望ましい。更にウィンドウ層15の上に電極20を形成するためのGaAsコンタクト層14が形成される。表面と裏面には表面側周囲電極20、裏面側全面電極21が形成され、また素子に光が入り又は光が出る表面には反射防止膜22が形成される。

【0016】具体的には、この素子は $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ のサイズである。p型GaAs基板19に円形のメサ19aをエッチングにより形成する。メサ19aはその直径が $50\mu\text{m}$ であり、 $350\mu\text{m}$ おきに多数個基盤目状に形成される。GaAs基板19のキャリア濃度は $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 、厚さは $260\mu\text{m}$ である。この基板19上にn型GaAs層18を液相エピタキシャル法により形成する。電流狭窄層18を構成するn型GaAs層はキャリア濃度 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ $5\mu\text{m}$ とし、メサ19aの高さより若干低く形成して、メサ19a頂部をn型GaAs層表面より突出させて電流狭窄層として機能させる。なお、電流狭窄層18は図示例のものに限定されるものではない。この電流狭窄層18の上にp型GaAlAs層であるクラッド層17をエピタキシャル成長させる。このクラッド層17は、キャリア濃度 $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ $5\mu\text{m}$ 、AlAs混晶比0.3である。更にその上にp型のGaAlAs層である活性層16を成長させる。この活性層16は、キャリア濃度 $2 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ $1\mu\text{m}$ 、AlAs混晶比0.05である。その上にはn型GaAlAs層であるウィンドウ層15をエピタキシャル成長させる。このウィンドウ層15は、キャリア濃度が $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ $30\mu\text{m}$ 、AlAs混晶比0.3である。この上にn型GaAs層であるコンタクト層14をエピタキシャル成長する。コンタクト層14のキャリア濃度は $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 、厚さ $1\mu\text{m}$ である。このエピタキ

シャルウェハのコンタクト層14をホトリソグラフによりメサ19aに合せてエッチングし、コンタクト層14に光入射用の窓穴14aを開ける。その後窓穴14aには、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ の反射防止膜22を形成する。更に表面のGaAsコンタクト層14の部分には、窓穴14aを取り囲むように周囲電極20を、裏面には全面電極21を形成する。

【0017】このように形成した送受信信用光半導体素子をLEDとして使用した場合、発光波長は $850\text{nm}$ の単波長で、発光出力は順方向電流が $50\text{mA}$ で $1.5\text{mW}$ であった。また受光素子として使用した場合、受光波長は同じく $850\text{nm}$ の単波長で、受光面に入射した光の約60%が電気に変換されていることが確認できた。

【0018】なお、上記実施例では、送受信信用光半導体素子としてGaAlAsのDH接合素子を用いたが、応答速度が低くてもよければ、SH接合素子を用いることもできる。このSH構造の受発光素子の具体例を図3に示す。この素子は、電流狭窄層18上に活性層16を厚さ $6\mu\text{m}$ で直接成長させる点を除けば、他は全て図2の実施例と同じ構造をしている。

【0019】このように本実施例の送受信信用光半導体素子は、いずれもヘテロ構造をもつGaAs/GaAlAs系半導体で構成され、電流狭窄層と、表面に光の入射部とをもち、表裏に電極を取り付けたものである。これは、GaAs/GaAlAs系のDH型LEDに近い構造であり、この構造から発光及び受光の両方の機能をもたせることができる。なお、受光素子としてSiを使用する場合には、従来、高い逆方向電圧を加えて受光効率の高いアバランシェPDとして使用することがあるが、本実施例のGaAs/GaAlAs系素子に対しても、上述した2〜5Vよりも大きな逆方向電圧を加えるようにすれば、Siと同様にアバランシェPDとすることが期待できる。

【0020】以上述べたように本実施例によれば次の効果がある。

【0021】(1) 送受信をするための素子に受発光の可能なGaAs/GaAlAs系の素子を用いたので、単一素子で単波長の受発光が可能となり、かつ光ファイバ側に設ける素子が1個で済み、光分波器、発光素子、受光素子の3種類の素子を用いた従来例に比べ、モジュールの大きさが小さくて済む。

【0022】(2) 送受信信用光半導体素子に接続する信号処理回路は、送受信と受信の2つ必要となるが、特にスペースをとる光分波器が不要となる上、半導体素子も1個で済むため、安価に生産できる。

【0023】(3) 従来のように光分波器を用いると、光を分波した分だけ送受信信用光半導体素子に入る光の強度が弱まるが、本実施例のモジュールでは、光分波器を用いず、直接光ファイバから送受信信用光半導体素子に受光し、あるいは光半導体素子から直接光ファイバに入射

させるため、損失を大幅に少なくすることができる。

【0024】これらより、システム構成のコストが安く簡易型の双方向通信可能な光通信モジュールを実現することができる。

【0025】

【発明の効果】本発明によれば、単一素子で受発光が可能となり、またこれを用いることで光分波器を用いなくても送受信が一本化できるので、モジュールの小型化を図ることができ、損失の少ない廉価な双方向通信が実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例による双方向光通信モジュールの構成図。

【図2】本実施例によるDH構造をもつ送受信用半導体素子チップ構造を示す断面図。

【図3】本実施例によるSH構造をもつ送受信用半導体素子チップの構造を示す断面図。

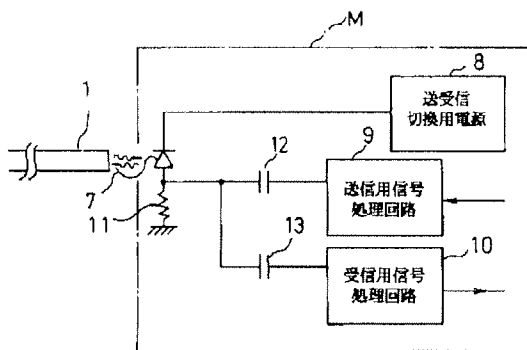
【図4】従来の光分波器を用いた双方向光通信モジュールの構成図。

ルの構成図。

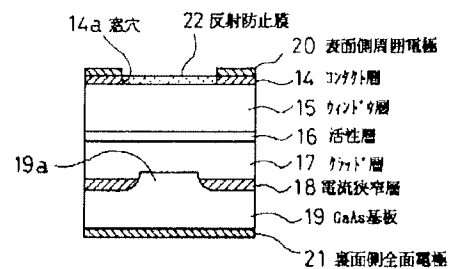
【符号の説明】

- M 光通信モジュール
- 1 光ファイバ
- 7 送受信用光半導体素子
- 8 送受信切換用電源
- 9 送信用信号処理回路
- 10 受信用信号処理回路
- 14 コンタクト層
- 15 ウィンドウ層
- 16 活性層
- 17 クラッド層
- 18 電流狭窄層
- 19 基板
- 20 表面側周囲電極
- 21 裏面側全面電極
- 22 反射防止膜

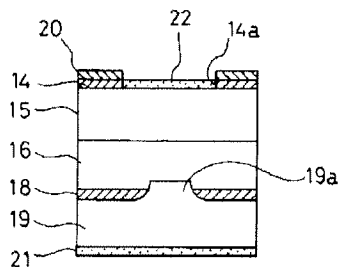
【図1】



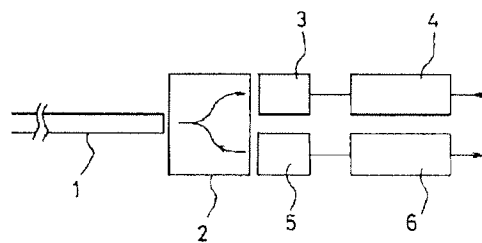
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H04B 10/02

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

8426-5K

H04B 9/00

W